

LIGHT EMITTING ELEMENT

Patent Number: JP8167735

Publication date: 1996-06-25

Inventor(s): UNNO TSUNEHIRO;; SHIBATA MASATOMO;; WATANABE MASATOSHI;;
TAKAHASHI TAKESHI;; KUMA SHOJI

Applicant(s): HITACHI CABLE LTD

Requested
Patent: ☐ JP8167735Application
Number: JP19940307430 19941212Priority Number
(s):

IPC Classification: H01L33/00; H01S3/18

EC Classification:

Equivalents:

Abstract

PURPOSE: To enable a light emitting diode composed of nitrogen compound to emit ultraviolet, blue, and green light rays at superhigh luminance by making it possible to grow a high-quality active layer in the diode.

CONSTITUTION: After an AlN buffer layer 6 is formed on a sapphire substrate 7, an n-type InGaN current diffusing layer 5, an n-type InGaN clad layer 4, an InGaN active layer 3, a p-type InGaN clad layer 2, and a p-type InGaN current diffusing layer 1 are successively formed on the buffer layer 6. The GaN mixed crystal ratios of the active layer 3 and current diffusing layers 1 and 5 are respectively set at 0.6 and 0.7 so that the mixed crystal ratio difference between the active layer 3 and current diffusing layers 1 and 5 can be controlled to 0.2. When the composition of the current diffusing layers 1 and 5 are brought near to the composition of the active layer 3 in such a way, the quality of the active layer 3 can be improved.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-167735

(43) 公開日 平成8年(1996)6月25日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 33/00

C

F

H 0 1 S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平6-307430

(22) 出願日 平成6年(1994)12月12日

(71) 出願人 000005120

日立電線株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目1番2号

(72) 発明者 海野 恒弘

茨城県土浦市木田余町3550番地 日立電線
株式会社アドバンスリサーチセンタ内

(72) 発明者 柴田 真佐知

茨城県土浦市木田余町3550番地 日立電線
株式会社アドバンスリサーチセンタ内

(72) 発明者 渡辺 真敏

茨城県土浦市木田余町3550番地 日立電線
株式会社アドバンスリサーチセンタ内

(74) 代理人 弁理士 松本 孝

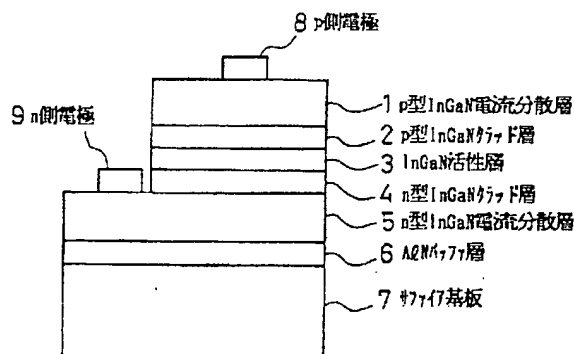
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光素子

(57) 【要約】

【目的】 チッ素化合物系の発光ダイオードにおいて、良質の活性層を成長することができるようにして、超高輝度で紫外、青色、緑色の光を出せるようにする。

【構成】 サファイア基板7上にAlNのバッファ層6を形成し、その上にn型InGa_N電流分散層5、n型InGa_Nクラッド層4、InGa_N活性層3、p型InGa_Nクラッド層2、p型InGa_N電流拡散層1を順次形成する。活性層3のGa_N混晶比は0.6とする。電流拡散層1、5のGa_N混晶比を0.7として、活性層と電流拡散層との混晶比差を0.2以下とする。このように電流拡散層の組成を活性層に近い組成にすることにより、良質の活性層を成長できる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 サファイア基板上にチッ素化合物半導体のバッファ層を形成し、その上にn型のチッ素化合物半導体またはチッ素化合物混晶半導体の電流分散層を形成し、更にその上にチッ素化合物半導体またはチッ素化合物混晶半導体の活性層を、それよりもバンドギャップエネルギーの大きなn型とp型のチッ素化合物半導体またはチッ素化合物混晶半導体のクラッド層で挟んだダブルヘテロ層をn型層の方が下になるように形成し、その上にp型のチッ素化合物半導体またはチッ素化合物混晶半導体の電流分散層を形成した発光素子において、上記ダブルヘテロ層を挟んでいるp型とn型のチッ素化合物半導体またはチッ素化合物混晶半導体の電流拡散層と、発光層となるダブルヘテロ層の中央のチッ素化合物半導体またはチッ素化合物混晶半導体の活性層との混晶比差が、0.2以下であることを特徴とする発光素子。

【請求項2】 請求項1に記載の発光素子において、上記p型とn型が逆であることを特徴とする発光素子。

【請求項3】 請求項1または2に記載の発光素子において、上記チッ素化合物半導体としてGa₂N、AlN、InNのいずれかを、またチッ素化合物混晶半導体としてAlGa₂N、InGa₂N、AlInNのいずれかをそれぞれ用いることを特徴とする発光素子。

【請求項4】 サファイア基板上にチッ素化合物半導体のバッファ層を形成し、その上にn型のInGa₂N電流分散層を形成し、更にその上にInGa₂N活性層をそれよりもバンドギャップエネルギーの大きなn型とp型のInGa₂N、Ga₂NまたはAlGa₂Nのクラッド層で挟んだダブルヘテロ層をn型層の方が下になるように形成し、その上にp型のInGa₂N電流分散層を形成した発光素子において、上記ダブルヘテロ層を挟んでいるp型とn型のInGa₂N電流拡散層と、発光層となるダブルヘテロ層の中央のInGa₂N活性層との混晶比差が0.2以下であることを特徴とする発光素子。

【請求項5】 サファイア基板上にチッ素化合物半導体のバッファ層を形成し、その上にn型のAlGa₂N電流拡散層を形成し、更にその上にAlGa₂N活性層をそれよりもバンドギャップエネルギーの大きなn型とp型のAlGa₂Nクラッド層で挟んだダブルヘテロ層をn型層の方が下になるように形成し、その上にp型のAlGa₂N電流拡散層を形成した発光素子において、上記ダブルヘテロ層を挟んでいるp型とn型のAlGa₂N電流拡散層と、発光層となるダブルヘテロ層の中央のAlGa₂N活性層との混晶比差が0.1以下であることを特徴とする発光素子。

【請求項6】 サファイア基板上にチッ素化合物半導体のバッファ層を形成し、その上にn型のAlInN電流拡散層を形成し、更にその上にAlInN活性層をそれよりもバンドギャップエネルギーの大きなn型とp型のAlInNまたはAlGa₂Nクラッド層で挟んだダブルヘ

テロ層をn型層の方が下になるように形成し、その上にp型のAlInN電流拡散層を形成した発光素子において、ダブルヘテロ層を挟んでいるp型とn型のAlInN電流拡散層と、発光層となるダブルヘテロ層の中央のAlInN活性層との混晶比差が0.1以下であることを特徴とする発光素子。

【請求項7】 上記発光素子が発光ダイオードであることを特徴とする請求項1ないし6に記載の発光素子。

【請求項8】 上記発光素子が半導体レーザであることを特徴とする請求項1ないし6に記載の発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、良質な活性層が得られる発光素子に係り、特に、緑色から紫外域の波長の光を出せる高出力、高輝度発光ダイオードに好適なものに関する。

【0002】

【従来の技術】 GaN、AlGa₂N、InGa₂Nを発光層として用いた発光ダイオード(LED)及び半導体レーザ(LD)は、緑色から紫外域の波長の光を発生させることができる。このため、このような光を出す発光デバイスについて長い間研究されてきた。近年、MOCVD成長法によるバッファ層形成技術の活用及びDH構造の適用等により、GaNを発光層として用いた1000mcd級の高輝度の青色LEDが開発され、製品化されるに至った。

【0003】 しかし、屋外用として太陽光線の順光状態で使用するためには、2000mcd級の超高輝度が要求される。赤色LEDは、AlGaAsを用いて、3000mcd級が既に開発され製品化されている。このためGaN青色LEDに関しても、更に高輝度化が要求されている。

【0004】 また、InGa₂Nを活性層に用いた緑色も研究が行われ、その高輝度化の研究が進められている。InGa₂NでGaN混晶組成の大きな青色に近い緑色は実現されている。InNに近いInGa₂NまたはAlInNを実現できれば純緑色ができるが、まだ純緑の超高輝度LEDは実現されていない。さらに、AlGa₂Nを活性層に用いれば、紫外光のLEDができるが、これも実現されていない。

【0005】 このようにGaNから離れた混晶組成のInGa₂N、AlGa₂N、またはAlInNを活性層として用いたLEDの開発が待たれていた。

【0006】 図4に高輝度化を達成できた従来のチッ素化合物系青色LEDの構造を示す。このLEDの構造は、サファイア基板17上にGaNまたはAlNのバッファ層16を形成し、その上にn型のGaN電流拡散層15を数μm成長させ、更にその上に発光層となるInGa₂N活性層13をn型のAlGa₂Nクラッド層14とp型のAlGa₂Nクラッド層12で挟んだダブルヘテロ

3

層をn型AlGaInクラッド層14が下になるように形成し、その上にp型のGaInN電流拡散層11を形成したエピタキシャル構造をしている。

【0007】このようなLEDで超高輝度化を阻んでいるのは活性層内の欠陥である。この活性層内に欠陥があるため、通常のLEDの活性層厚さである約1 μ mにすると輝度の低いLEDしかできない。このため、従来はInGaIn層を薄くして、注入したキャリアの密度を高くし、変換効率を高くしている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、輝度を上げるために、従来のように、InGaIn層を薄くして、注入したキャリアの密度を高くし、変換効率を高くするというやり方だと、次のような欠点があった。

【0009】(1) 注入キャリアを閉じ込めるため、両側のクラッド層のバンドギャップエネルギーを高くする必要がある。このため、更に活性層とクラッド層の格子定数差が大きくなり、欠陥発生の原因となっている。

【0010】(2) 純緑色に近いLEDを製作するために、InGaInのGaIn混晶組成を少なくして行くと、InGaInを形成できなくなる。

【0011】(3) 活性層の厚さが薄いので、活性層の温度上昇を抑えられず、LEDの信頼性が悪い。

【0012】(4) 活性層の厚さが薄いので、通電電流の温度上昇に対する発光波長の変化が大きい。

【0013】本発明の目的は、チッ素化合物系の発光素子において、結晶性の良好な発光層を形成することによって、上述した従来技術の問題点を解消し、より高輝度化な発光素子を提供することにある。また、本発明の目的は、緑色から紫外域の波長の光を出せる高出力、高輝度の発光素子を提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明の要旨は、活性層を挟んでいるクラッド層の外側のn型層とp型層の組成を活性層に近い組成にすることにより、良質の活性層を成長させることができるようにしたことにある。すなわち、第1の発明の発光素子は、サファイア基板上にチッ素化合物半導体のバッファ層を形成し、その上にn型のチッ素化合物半導体またはチッ素化合物混晶半導体の電流分散層を形成し、更にその上にチッ素化合物半導体またはチッ素化合物混晶半導体の活性層を、それよりもバンドギャップエネルギーの大きなn型とp型のチッ素化合物半導体またはチッ素化合物混晶半導体のクラッド層で挟んだダブルヘテロ層をn型層の方が下になるように形成し、その上にp型のチッ素化合物半導体またはチッ素化合物混晶半導体の電流拡散層を形成した発光素子において、上記ダブルヘテロ層を挟んでいるp型とn型のチッ素化合物半導体またはチッ素化合物混晶半導体の電流拡散層と、発光層となるダブルヘテロ層の中央のチッ素化合物半導体またはチッ素化合物混晶半導体の活性層

4

との混晶比差が、0.2以下としたものである。

【0015】第2の発明の発光素子は、第1発明の発光素子において、p型とn型を逆にしたものである。

【0016】第3の発明の発光素子は、第1発明または第2発明の発光素子において、チッ素化合物半導体としてGaInN、AlInN、InInNのいずれかを、またチッ素化合物混晶半導体としてAlGaIn、InGaIn、AlInInNのいずれかをそれぞれ用いるようにしたものである。

10 【0017】第4の発明の発光素子は、サファイア基板上にチッ素化合物半導体のバッファ層を形成し、その上にn型のInGaIn電流分散層を形成し、更にその上にInGaIn活性層をそれよりもバンドギャップエネルギーの大きなn型とp型のInGaIn、GaInまたはAlGaInのクラッド層で挟んだダブルヘテロ層をn型層の方が下になるように形成し、その上にp型のInGaIn電流分散層を形成した発光素子において、上記ダブルヘテロ層を挟んでいるp型とn型のInGaIn電流拡散層と、発光層となるダブルヘテロ層の中央のInGaIn活性層との混晶比差が0.2以下としたものである。

20 【0018】第5の発明の発光素子は、サファイア基板上にチッ素化合物半導体のバッファ層を形成し、その上にn型のAlGaIn電流拡散層を形成し、更にその上にAlGaIn活性層をそれよりもバンドギャップエネルギーの大きなn型とp型のAlGaInクラッド層で挟んだダブルヘテロ層をn型層の方が下になるように形成し、その上にp型のAlGaIn電流拡散層を形成した発光素子において、上記ダブルヘテロ層を挟んでいるp型とn型のAlGaIn電流拡散層と、発光層となるダブルヘテロ層の中央のAlGaIn活性層との混晶比差が0.1以下としたものである。

30 【0019】第6の発明の発光素子は、サファイア基板上にチッ素化合物半導体のバッファ層を形成し、その上にn型のAlInN電流拡散層を形成し、更にその上にAlInN活性層をそれよりもバンドギャップエネルギーの大きなn型とp型のAlInNまたはAlGaInクラッド層で挟んだダブルヘテロ層をn型層の方が下になるように形成し、その上にp型のAlInN電流拡散層を形成した発光素子において、ダブルヘテロ層を挟んでいるp型とn型のAlInN電流拡散層と、発光層となるダブルヘテロ層の中央のAlInN活性層との混晶比差が0.1以下としたものである。

40 【0020】第7の発明の発光素子は、第1ないし第6の発明の発光素子をLEDとしたものである。

【0021】第8の発明の発光素子は、第1ないし第6の発明の発光素子を半導体レーザとしたものである。

【0022】

【作用】エピタキシャル成長で、結晶の上に良質な結晶層を成長させるための最も重要な点は、成長させるべき結晶層を、成長温度において、その結晶と同じかまたは

その結晶に近い格子定数の層の上に成長させることである。

【0023】チッ素化合物系の発光素子の構造は、一般に、サファイア基板上に形成したバッファ層の上に、電流拡散層、クラッド層、活性層、クラッド層、電流拡散層を順次形成していくようになっている。このうち活性層を良質にするには、それを挟むクラッド層の活性層に対する混晶比差（格子定数差）を可能な範囲で小さくすることが好ましい。

【0024】一方、クラッド層を挟む電流拡散層も活性層に関係してくる。この電流拡散層と活性層との関係については、従来全くといってよいほど検討されてこなかった。

【0025】本発明は、電流拡散層についても検討を行い、高輝度を得るには、活性層に近い組成の電流分散層でクラッド層を挟むようにすればよいことがわかった。このことは、電流分散層に関しても、クラッド層と同様に、活性層に近い格子定数のもので形成すれば、良質の活性層が形成しやすくなることを意味する。すなわち、良質の活性層が形成しやすくなると、活性層の厚さを厚くできる。したがって注入電流密度が小さくなるため、活性層を挟んでいるクラッド層のバンドギャップエネルギーを活性層より、それほど高くすることが必要なくなり、クラッド層の組成つまり格子定数を、活性層に近づけることができる。このため、より高品質の活性層を形成しやすくなる。

【0026】このようにクラッド層を挟んでいる電流分散層と活性層との混晶比差を小さくすることにより、結晶性の良好な活性層を形成することができるので高出力化、高輝度化が容易となる。

【0027】また、活性層の混晶組成の幅広い範囲に対しても良質な混晶層を容易に成長できるようになる。例えば、GaN混晶比組成が小さなInGaNでも、結晶性の良好なエピタキシャル層を成長できるようになるため、従来のようにInGaNのGaN混晶組成を少なくして行くと、InGaNを形成できないというような不都合がなくなり、純緑色に近い発光素子を容易に製作することができる。したがって、波長制御が容易になり、緑色、青色、紫外域の波長の光を出せる高輝度または高出力の発光素子を製作できる。

【0028】また、活性層の良質化により活性層の厚さを厚くできるようになるため、通電電流による活性層の温度上昇を抑えて、発光波長の変化を少なくすることができ、LEDの信頼性も向上できる。

【0029】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面を用いて説明する。

【0030】（実施例1）図1はチッ素化合物混晶半導体としてInGaNを用いた緑色LEDチップの構造を示す。LEDの構造は、サファイア基板7上にAlNの

バッファ層6を形成し、その上にn型のInGaN電流分散層5を5 μ m形成している。このInGaN電流分散層5は、Siドープであり、GaN混晶組成は0.6である。

【0031】この上に活性層をクラッド層で挟んだ3層構造のダブルヘテロ層を形成している。すなわち、まず、n型のInGaNクラッド層4を形成している。このInGaNクラッド層4は、Siドープであり、GaN混晶比は0.7であり、厚さは200nmである。次に発光層となるZnをドープしたInGaN活性層3を形成している。このInGaN活性層3のGaN混晶比は、0.6である。厚さは500nmである。そして、p型のInGaNクラッド層2を形成している。このInGaNクラッド層2は、Mgドープであり、GaN混晶比は0.7であり、厚さは200nmである。

【0032】その上にp型のInGaN層電流拡散層1を形成している。このInGaN電流拡散層1は、Mgドープであり、GaN混晶比は0.7であり、厚さは500nmである。このエピタキシャルウェハのp型InGaN電流拡散層1の上にp側電極8を形成した。また、上記のように形成したp型InGaN電流拡散層1およびダブルヘテロ層の一部をドライエッチングにより除去してn型InGaN電流拡散層5を露出させ、この露出させたn型InGaN電流拡散層5の上にn側電極9を形成している。チップの大きさは、600 μ m \times 600 μ mである。

【0033】このエピタキシャルウェハのAlNバッファ層6及びその上に形成したInGaN混晶層は、従来と同様にMOCVD法により成長させた。またドーパントであるn型用のSi及びp型用のMg及び活性層に用いたZnも従来と同様に制御した。

【0034】このLEDの特性を調べてみたところ、波長515nmの純緑色であり、また発光光度として4000mcdが得られた。

【0035】ここで、まず、クラッド層の混晶比が輝度に与える影響を調べるために、活性層3（混晶比0.6に固定）を挟んでいるp型クラッド層2とn型クラッド層4とのGaN混晶比を変化させたLEDを製作し、その輝度を測定した。その結果を図2に示す。これより、クラッド層のGaN混晶比が0.7から0.8で、最大の発光光度が得られていることがわかる。因みに上記実施例の両クラッド層の混晶比は0.7である。

【0036】これから言えることは、クラッド層は、活性層に対して、GaN混晶比差が0.1から0.2付近が最もよく、GaN混晶比差がそれより大きいと発光光度が低下するということである。またGaN混晶比差がそれより小さくなると当然発光光度は低くなる。これらの事実は、従来のAlGaAs系のDH構造LEDでも言われていることであり、特に新しい事実ではない。しかし、InGaN系のLEDにおいても、AlGaAs

7

系LEDの活性層に対するクラッド層の混晶比差における事実がほぼ一致することは興味深い。

【0037】次に、電流拡散層の混晶比が輝度に与える影響を調べるために、InGa_Nクラッド層2、4のGa_N混晶比をInGa_N活性層3のGa_N混晶比よりも、0.1高く固定した。そして、このダブルヘテロ層を挟んでいるp型InGa_N電流拡散層1とn型InGa_N電流拡散層5とのGa_N混晶比を変化させたエピタキシャルウェハを成長させた。そのエピタキシャルウェハよりLEDを作製し、発光光度を測定した。測定結果を図3に示す。同図に示すように、n型とp型のInGa_N電流拡散層1、5のGa_N組成がInGa_N活性層2のGa_N組成とほぼ同じ付近が最も発光光度が高く、それよりもGa_N混晶比組成が高くてもまた低くても、発光光度が低下する傾向にある。このため、2000mcd級の超高輝度を得るためには、電流拡散層と活性層とにおけるGa_N組成のずれが、約0.2以下である必要がある。

【0038】（実施例2）実施例1のチッ素化合物混晶半導体であるInGa_Nに変えてAlGa_Nを用いた。その場合について、クラッド層の外側を挟んだAlGa_N電流拡散層のGa_N混晶比組成を変化させ、実施例1と同じように発光光度を調べた。その結果、Ga_N混晶比の組成差が0.1以下で、高輝度のLEDが得られることがわかった。そのときの波長は400nmの紫外光であり、また発光出力として8mWが得られた。

【0039】（実施例3）実施例1のチッ素化合物混晶半導体であるInGa_Nに変えてAlIn_Nを用いた。その場合について、クラッド層の外側を挟んだAlIn_N電流拡散層のAl_N混晶比組成を変化させ、実施例1と同じように発光光度を調べた。その結果、Ga_N混晶比の組成差が0.1以下で、高輝度のLEDが得られることがわかった。そのときの波長は420nmの緑色であり、また発光光度として3500mcdが得られた。

【0040】（実施例の効果）このように赤色以外に青色及び緑色で2000mcd以上のLEDを作製することができるようになった。このため3色合せて高輝度のフルカラーディスプレイを製作することができる。また交通信号のように青色で高輝度が必要とされるところに用いることができる。

【0041】

【発明の効果】請求項1に記載の発明によれば、クラッド層を挟んでいる電流分散層と活性層との混晶比差を小さくすることにより、良質な発光層となる活性層を容易に成長させ、より高輝度化を図ることができる。

【0042】請求項2に記載の発明によれば、p、n逆であっても上記効果を奏することができる。

【0043】請求項3に記載の発明によれば、チッ素化

8

合物半導体としてGa_N、Al_N、In_Nを、チッ素化合物混晶半導体としてAlGa_N、InGa_N、AlIn_Nをそれぞれ用いるようにしたので、波長制御が容易になり、緑色、青色、紫外域の波長の光を出せる高輝度または高出力の発光素子を製作できる。。

【0044】請求項4に記載の発明によれば、InGa_N電流拡散層と、InGa_N活性層との混晶比差を0.2以下とすることにより、Ga_N混晶比組成が小さなInGa_Nでも、結晶性の良好なInGa_Nエピタキシャル層を成長できるため、純緑色に近い発光素子を容易に製作することができる。

【0045】請求項5に記載の発光素子によれば、AlGa_N電流拡散層と、AlGa_N活性層との混晶比差を0.1以下とすることにより、良質なAlGa_N活性層を形成することができる。

【0046】請求項6に記載の発光素子によれば、AlIn_N電流拡散層と、AlIn_N活性層との混晶比差を0.1以下としたので、良質なAlIn_N活性層を形成することができる。

【0047】請求項7に記載の発光素子によれば、発光素子をLEDとしたので、紫外、青色、緑色の波長の光を出せる高輝度または高出力のLED光が得られる。

【0048】請求項8に記載の発光素子によれば、発光素子を半導体レーザとしたので、紫外、青色、緑色の波長の光を出せる高輝度または高出力のレーザ光が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の発光素子の実施例を説明するためにInGa_N緑色LEDチップの断面図。

【図2】本実施例に係るInGa_N緑色LEDの発光光度のInGa_Nクラッド層のGa_N混晶比依存性を示す図。

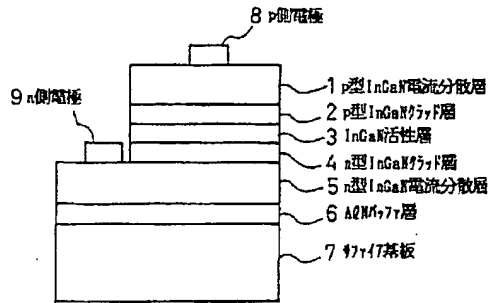
【図3】本実施例に係るInGa_N緑色LEDの発光光度のInGa_N電流拡散層のGa_N混晶比依存性を示す図。

【図4】従来のチッ素化合物系青色LEDチップの断面図。

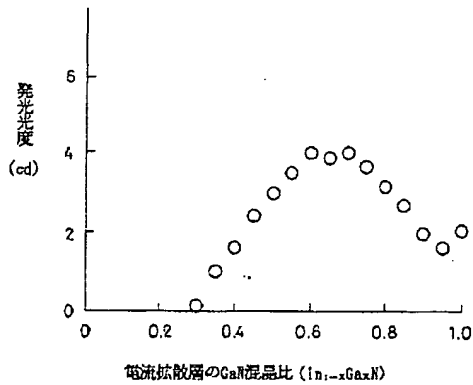
【符号の説明】

- 1 p型InGa_N電流拡散層
- 2 p型InGa_Nクラッド層
- 3 InGa_N活性層
- 4 n型InGa_Nクラッド層
- 5 n型InGa_N電流拡散層
- 6 Al_Nバッファ層
- 7 サファイア基板
- 8 p側電極
- 9 n側電極

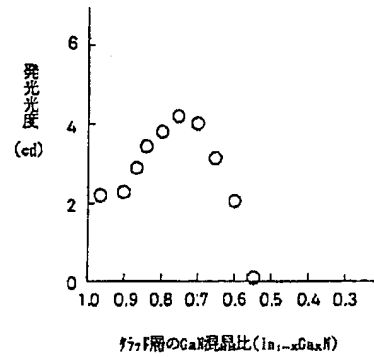
【図1】



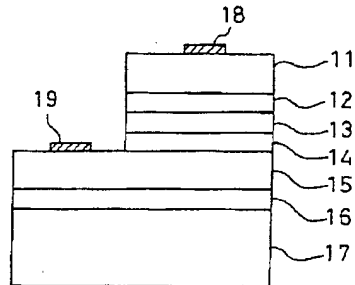
【図3】



【図2】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 高橋 健

茨城県土浦市木田余町3550番地 日立電線
株式会社アドバンスリサーチセンタ内

(72)発明者 隈 彰二

茨城県土浦市木田余町3550番地 日立電線
株式会社アドバンスリサーチセンタ内